

## ⑫ 公開特許公報(A) 平1-312172

⑤ Int. Cl.<sup>4</sup>E 04 H 9/02  
9/14  
F 16 F 15/02

識別記号

3 4 1

庁内整理番号

7606-2E  
G-7606-2E  
6581-3J

⑬ 公開 平成1年(1989)12月15日

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全5頁)

⑭ 発明の名称 構造物の振動抑制装置

⑯ 特 願 昭63-142600

⑰ 出 願 昭63(1988)6月9日

⑱ 発 明 者 佐 藤 孝 典 東京都中央区京橋2丁目16番1号 清水建設株式会社内

⑲ 出 願 人 清水建設株式会社 東京都中央区京橋2丁目16番1号

⑳ 代 理 人 弁理士 志賀 正武 外2名

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

構造物の振動抑制装置

## 2. 特許請求の範囲

構造物の所定の位置にタンクが設けられていると共に、このタンクの内部はそれぞれが少なくとも相異なる2つの内径を有する複数の室に区切られ、これら各室の内部には、前記複数の内径に沿う方向における前記構造物の固有振動周期とそれぞれ同一の振動周期で、かつ、これら構造物の固有振動とそれぞれ所要の位相差を伴って振動する液体が貯留されていることを特徴とする構造物の振動抑制装置。

## 3. 発明の詳細な説明

「産業上の利用分野」

この発明は、地震や風等によって構造物に引き起こされる振動を抑制するようにした構造物の振動抑制装置に関するものである。

「従来の技術及びその課題」

近年の建築・土木構造物は、高強度材料の開発、工作技術の進歩、並びに電算機による構造解析技術の発展等の要因により、大型化、形式の多様化、軽量化が為されると共に、外力に対してフレキシビリティに富んだ構造となっている。そして、このように軽量で柔軟な構造物においては、その固有振動数が低く、内部の振動減衰も小さくなる傾向があるため、地震や風等の外力の影響により予測し得ない種々の振動が発生する可能性がある。特に、前述の如く、構造物の大型化に伴って、外力によって励起される振動の振幅も大きくなるため、この振動が構造物内部に居住する人間に不必要な不安感を与えると共に、構造物の躯体に許容範囲以上の応力を付与する恐れすらあった。

そこで、本願発明者は、特願昭60-241045号明細書において、構造物の所定の位置に、この構造物の固有の振動周期と同一の周期で、しかも所要の位相差を伴って振動する液体を貯留するタンクを設け、この液体の振動によって前記構造物の振動を抑制することのできる振動抑制装置

を提案し、前述の問題を解決している。

ところで、通常の建築物等の構造物は、その断面形状が長方形をしており、従って、その固有周期も構造物の振動方向によって異なる場合が多い。特に、前述の如く、構造物の形式の多様化に伴って構造物の振動性状も複雑化しているため、複数の振動周期に柔軟に対応しうる振動抑制装置の実現が望まれていた。

この発明は、前記事情に鑑み、先に本願発明者が提案した振動抑制装置を発展させてなされたもので、複数の固有振動周期を有する構造物の振動を有効に減衰させることが可能な振動抑制装置の提供を目的としている。

#### 「課題を解決するための手段」

そこでこの発明は、構造物の所定の位置にタンクを設けると共に、このタンクの内部をそれぞれが少なくとも相異なる2つの内径を有する複数の室に区切り、さらにこれら各室の内部に、前記複数の内径に沿う方向における前記構造物の固有振動周期とそれぞれ同一の振動周期で、かつ、これ

ら構造物の固有振動とそれぞれ所要の位相差を伴って振動する液体を貯留したような構造物の振動抑制装置を構成して、前記課題を解決している。

#### 「実施例」

以下、この発明の実施例について図面を参照して説明する。

第1図ないし第3図はこの発明の第1実施例である振動抑制装置を示す図である。図中、符号1は振動抑制装置であり、この振動抑制装置1は、風によって引き起こされる振動に対して最も効果があるとされる高層建築物（構造物）2の屋上に設置されている。この建築物2は、例えばその断面形状が略長方形に形成され、平面上で2方向に卓越した固有振動周期を有するような建築物である。

この振動抑制装置1は、ゴム等の弾性体と鋼板との積層構造からなる支持台3と、この支持台3上に載置されたタンク4と、このタンク4内に貯留された液体5とから概略構成されている。

前記タンク4は、建築物2の飲料水、防火用水

-3-

-4-

又は冷暖房設備用水等を貯留するための角筒状のタンクであり、その上部が開放された構造となっている。より詳細に言えば、このタンク4は、その断面形状が略長方形に形成されており、その内部に垂直方向に延在する隔壁6、6、…が設けられることで、上部が開放された複数の室7、7、…に区切られている。これら室7、…は、その断面形状が異なる2種類の室7a、7b、…に分類され、その長辺方向及び短辺方向に沿う内径は、それぞれ $a_1$ 、 $b_1$  ( $a_1 > b_1$ ) 及び $a_2$ 、 $b_2$  ( $a_2 > b_2$ ) とされている。さらに、これら各室7a、7bには、その比重及び室の内径 $a_1$ 、 $b_1$  及び $a_2$ 、 $b_2$  に応じて液面高さ（第2図中 $H_1$ 、 $H_2$ ）等が適宜調節されることで、その長辺方向及び短辺方向に沿う振動周期がそれぞれ同一方向における建築物2の固有振動周期と同一の振動周期となるような条件で、液体5、5、…がそれぞれ貯留されている。そして、これら液体5、5、…は、これらを足し合わせた総質量が建築物の質量の1/50～1/100の範囲内となるように室7a、7b内

への貯留量が調整されている。

なお、前記タンク4及び隔壁6、…は、長期使用においても腐蝕されない材質（例えばプラスチック製）で形成されることが好ましく、同様に、前記液体5は、長期使用においても蒸発しにくい粘性液体（例えば油）であることが好ましい。しかしながら、これらタンク4、隔壁6、…及び液体5の材質は、施工条件等により適宜決定されれば良く、前述の材質に限定されることはない。

次に、以上のような構成を有する振動抑制装置1の作用について説明する。

前記建築物2と振動抑制装置1とを含む振動系は、第4図に示すような振動モデルに近似、簡略化することができる。なお、以下の説明は、タンク4内の1つの室7a（あるいは7b）の長辺方向あるいは短辺方向における振動のみについての議論であるが、これら長辺方向及び短辺方向の振動が同時に生起された場合も、あるいはタンク4全体が振動した場合でも、後述する議論が適用できることは明らかである。

この振動モデルは、ばね定数 $K$ 、のばね $8A$ 及び減衰率 $h_0$ のダッシュポット $10A$ を介して、質量 $M$ 、の物体 $9A$ が支持されてなる振動系 $A$ (建築物 $2$ の振動モデル)と、ばね定数 $K$ 、のばね $8B$ 及び減衰率 $h_1$ のダッシュポット $10B$ を介して、質量 $M$ 、の物体 $9B$ が支持されてなる振動系 $B$ (室 $7a$ (あるいは $7b$ )内の液体 $5$ の振動モデル)とが直列に接続されたようなモデルである。

そして、このような振動モデルにおいて、物体 $9A$ に加わる地震や風等の外力によって振動系 $A$ が室 $7a$ ( $7b$ )の長辺方向あるいは短辺方向に振動を開始すると、振動系 $B$ は $1/4$ 周期の位相遅れをもって振動を開始するから、これら振動系 $A$ ・ $B$ の振動周期を一致させることにより、振動系 $A$ の振動を抑制することができる。

ここで、物体 $9B$ は、物体 $9A$ の約 $2\%$ 程度の質量なので、前記建築物 $2$ の固有振動周期 $T$ は、構造設計上の見地から定められた質量 $M$ 、及びばね定数 $K$ によりほぼ一義的に決定される。したがって、前記振動抑制装置 $1$ の振動周期、すなわ

-7-

グの固有振動周期 $T_j$ を求めることができる。特に、前述した振動抑制のためには、第 $j$ 次のスロッシングにおける固有振動周期 $T$ を用いれば良い。これは次式で表される。

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{a}{\pi \cdot g}} / \tanh\left(\frac{\pi \cdot H}{a}\right) \quad \dots\dots(4)$$

以上説明したように、この実施例の振動抑制装置 $1$ によれば、地震や風等の外力によって建築物 $2$ に励起される振動を抑制することができる。特に、この実施例の振動抑制装置 $1$ では、各々の室 $7a$ 、 $7b$ 、…の長辺方向及び短辺方向における液体 $5$ 、 $5$ 、…の振動周期がそれぞれ同一方向における建築物 $2$ の固有振動周期と一致しているので、各室 $7a$ 、 $7b$ によりこれら固有振動周期の異なる $2$ 方向の振動をそれぞれ有効に抑制することができ、従って、これらが複雑に重畳した実際の振動においても有効に振動抑制を行うことができる。

「発明の変形実施例」

ち各々の室 $7a$ ( $7b$ )内に貯留された液体 $5$ の振動周期 $T_j$ が建築物 $2$ の固有振動周期 $T_0$ に一致するように、この室 $7a$ ( $7b$ )の寸法、容量及び液体 $5$ の貯留量を設定すれば良い。この、室 $7a$ ( $7b$ )内に貯留された液体 $5$ の挙動は、次のようにして解析できる。

スロッシングの第 $j$ 次の固有振動周期 $T_j$ と第 $j$ 次の固有円振動数 $\omega_j$ との関係は、次式で表される。

$$T_j = 2\pi / \omega_j \quad \dots\dots(1)$$

そして、前記(1)式において、 $H$ を液体の貯留深さ、 $g$ を重力加速度とすると、前記 $\omega_j$ は次式で与えられる数である。

$$\omega_j = \sqrt{k_j \cdot g \cdot \tanh(k_j \cdot H)} \quad \dots\dots(2)$$

さらに、前記(2)式における $k_j$ は、室 $7a$ ( $7b$ )の幅を $a$ とすれば、次式で与えられる。

$$k_j = (2j-1)\pi / a \quad \dots\dots(3)$$

従って、以上示した(1)~(3)式からスロッシン

-8-

この発明の構造物の振動抑制装置は、その細部が前記実施例に限定されず、種々の変形例が可能である。以下、図面を参照してこの発明の変形実施例について説明する。

第5図は、この発明の第2実施例である構造物の振動抑制装置を示す図である。なお、以下の説明において、前記第1実施例と同一の構成要素については同一の符号を付し、その説明を省略する。この実施例においては、振動抑制装置 $1$ のタンク $4$ が3種類の断面形状を有する複数の室 $7a$ 、 $7b$ 及び $7c$ 、…に分割されている。そして、これら各々の室 $7a$ 、 $7b$ 及び $7c$ 、…内には、その長径方向及び短径方向に沿う振動周期がそれぞれ同一方向における建築物 $2$ の固有振動周期と同一の振動周期となるような条件で、液体 $5$ 、 $5$ 、…が貯留されている。

従って、この実施例でも前記第1実施例と同様に、室 $7a$ 、 $7b$ 及び $7c$ の長径方向及び短径方向における建築物 $2$ の振動がこれら室 $7a$ 、 $7b$ 及び $7c$ によりそれぞれ有効に減衰され、効果的

な振動抑制効果を得ることができる。

一方、第6図に示すこの発明の第3実施例たる振動抑制装置1は、第1実施例におけるタンク4の上部を閉塞して密閉構造とし、さらに水平方向に延在する隔壁6'、6'、…により第1実施例における室7a、7bを水平方向に区切って小室7d、…を多数形成したような構成である。この装置1でも、前記第1、第2実施例と同様の作用効果を得ることができる。すなわち、タンク4の形状、設置個数、及び室7a、…の形状、設置個数は任意であり、建築物2の形状や振動性状等を考慮して適宜決定されれば良い。

#### 「発明の効果」

以上詳細に説明したように、この発明によれば、構造物の所定の位置にタンクを設けると共に、このタンクの内部をそれぞれが少なくとも相異なる2つの内径を有する複数の室に区切り、さらにこれら各室の内部に、前記複数の内径に沿う方向における前記構造物の固有振動周期とそれぞれ同一の振動周期で、かつ、これら構造物の固有振動と

それぞれ所要の位相差を伴って振動する液体を貯留したような構造物の振動抑制装置を構成したので、これら室の各々により固有振動周期の異なる方向の振動をそれぞれ有効に抑制することができ、従って、これらが複雑に重畳した実際の振動においても有効に振動抑制を行うことができる。よって、この発明によれば、複数の固有振動周期を有する構造物の振動を有効に減衰させることが可能な振動抑制装置を実現することができる。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図ないし第3図はこの発明の第1実施例である構造物の振動抑制装置を示す図であって、第1図は平面図、第2図は第1図のⅡ-Ⅱ'線に沿う矢視断面図、第3図は建築物の屋上に設置された状態を示す概略図、第4図は構造物及び振動抑制装置の振動モデルを示す概略図、第5図はこの発明の第2実施例である構造物の振動抑制装置を示す平面図、第6図は同第3実施例である構造物の振動抑制装置を示す断面図である。

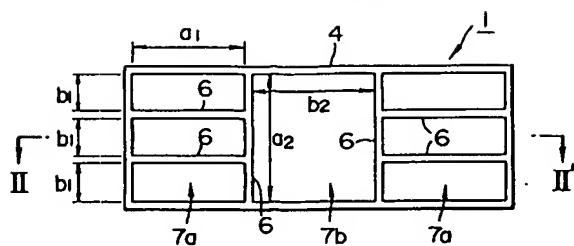
-11-

-12-

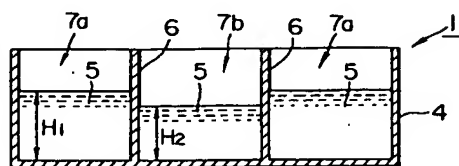
1 …… 振動抑制装置、2 …… 建築物（構造物）、  
4 …… タンク、5 …… 液体、7 …… 室。

出願人 清水建設株式会社

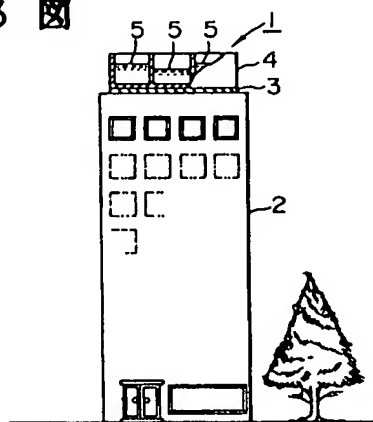
第 1 図



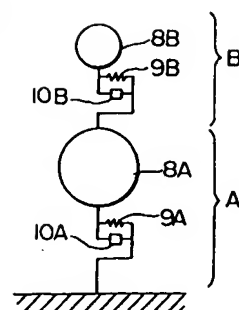
第 2 図



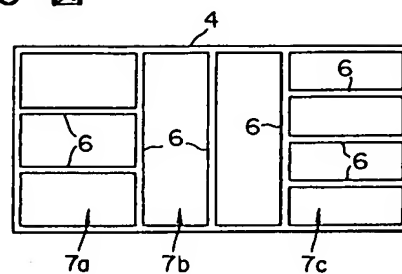
第 3 図



第 4 図



第 5 図



第 6 図

